

TITLE OF THE INVENTION

位相シフトマスクの欠陥検査装置

BACKGROUND OF THE INVENTION

本発明は、位相シフトマスクの欠陥検査装置に関し、特に、位相シフトマスクの位相シフトの欠陥検査装置に関するものである。

半導体集積回路の微細化が進み、回路素子や配線の設計ルールがサブミクロンオーダーになると、i線（波長365nm）、KrF線（波長245nm）等の光によってフォトマスク上の集積回路パターンを半導体ウエハに転写するフォトリソグラフィ工程においては、パターン転写精度の低下が深刻な問題となる。そこで、特に解像度の要求される工程のフォトマスクには、光透過部に位相シフトを配した位相シフト（フォト）マスクが用いられている。

位相シフトマスクの構造は、主に、マスクの光透過部に位相シフト形成するためにガラス基板を彫り込んだ基板彫り込み型位相シフトマスクである。その断面図を図2に示す。ガラス基板31上に繰り返し模様のクロム遮光パターン32を設け、1個おきのスペース部の透明基板31を使用波長の半波長分（位相差にして約180°）エッチング除去して彫り込み33を形成してなるものである。

これらの位相シフトフォトマスク上の位相シフト欠陥は、マスク作成プロセスにおいて発生し、例えば180°位相形成部に異物等が付着し、位相シフトの部分的未加工欠陥や、位相シフト未加工部にレジストピンホール等による余剰位相シフト欠陥がある。

位相シフト形成部のエッジは、クロムパターンの下に形成されることと、また、位相シフトは光透過部に形成されることから、従来の透過光検査や、表裏両面から光を照射して反射光と透過光との比較検査方式では、上記位相シフト欠陥が全て検出できないことから、現在、検査対象フォトマスクを露光装置にてウエハ

上に転写し、その転写パターンを用いて検査機にて欠陥有無をチェックし判定する方法が行われている。

しかし、線幅 $0.1\mu\text{m}$ 以下の半導体集積回路デバイスになると、ウエハ上のパターン欠陥検出サイズは、 $10\sim30\text{nm}$ となり、ウエハ欠陥検査装置での検出が不可能になる。

以上の状況から、基板彫り込み型位相シフトマスクの位相シフト欠陥検査装置の開発が必要となってきた。

これまでの技術とその問題点としては、

1) 位相シフトはマスクの光透過部に形成されることから、市販されているKLA. Tencor社、レーザテック社等の透過光検査方式の検査装置では、光透過部のガラス上に形成された位相差のズレ段差欠陥は検出できない。

2) 特に基板彫り込み型位相シフトマスクの欠陥検査は、位相シフト形成部のエッジがクロムパターンの下に形成されることから、マスク検査装置のもう1つの検査方式であるSTARlight (KLA. Tencor社商品名) 検査方式、マスクの被検査部の任意の場所において、マスクの裏面からの透過光像と表面からの反射光像を比較する検査方法でも、位相シフト欠陥は検出できない。

3) レーザテック社の9MD83SR等のマスクパターン形成された表面からの反射光検査では、位相差のズレが 120° 以下と位相ズレ量が低くなる場合は検出できない。

4) 以上、現在市販されているマスク検査装置では、位相シフト欠陥が十分に検出できないことから、位相シフトマスクの欠陥の有無確認のため、検査対象フォトリソマスクをウエハ露光装置にてウエハ上に転写し、その転写パターンを2チップ比較検査装置にて位相シフトマスクの欠陥有無を判定する方法が行われている。そのため、マスク製作プロセスでは評価できず、ウエハプロセスに依頼して評価しており、マスク製作工数は長くなる。

5) しかも、将来、微細化が進み線幅 $0.1\mu\text{m}$ 以下の微細パターンになると、ウエハに転写して位相シフトマスクを評価する場合、その欠陥サイズが $10\sim30\text{nm}$ になり、現在のウエハ欠陥検査装置での検出感度が不足し検査ができず評

価する手段がなくなる。

SUMMARY OF THE INVENTION

本発明は従来技術のこのような現状に鑑みてなされたものであり、その目的は、光学的な方法と電気信号の比較を用いた簡単な方法で、従来の検査技術で検出できなかった位相シフト欠陥を検出できる位相シフトマスクの欠陥検査装置を提供することである。

上記目的を達成する本発明の位相シフトマスクの欠陥検査装置は、マスク透明基板上に透過光に位相差を生じさせる位相シフトパターンが設けられた位相シフトマスクの欠陥検査装置において、前記位相シフト形成後に前記位相シフトマスクの前記マスク透明基板側から位相シフトの欠陥検査を行うことを特徴とするものである。

この場合、位相シフトマスクのマスク透明基板側から光を照射し、位相シフト加工部の異なる2か所以上の反射像を取り込み、その各々の反射像の画像信号を比較して、その信号差によってマスク上の欠陥を検出するようにすることが望ましい。

そして、その位相シフト加工部の異なる2か所以上の部分は、相互に異なるチップパターンの位相シフト加工部であってもよい。

その場合は、位相シフト加工部の異なる2か所以上の反射像を別々の拡大光学系を通して取り込むことが望ましい。

また、その位相シフト加工部の異なる2か所以上の部分は、同一チップパターン内の異なる位相シフト加工部であってもよい。

その場合は、位相シフト加工部の異なる2か所以上の反射像を同一の拡大光学系を通して取り込むことが望ましい。

また、反射光による反射像の取り込みは、暗視野照明による暗視野像が望ましいが、明視野照明による明視野像であってもよい。

本発明においては、位相シフト形成後に位相シフトマスクのマスク透明基板側から位相シフトの欠陥検査を行うので、位相シフト加工部のエッジ形状、位相シ

フタの有無、位相シフト高さの差等が容易に確認でき、位相シフト欠陥を容易に検出することができる。

Still other objects and advantages of the invention will in part be obvious and will in part be apparent from the specification.

The invention accordingly comprises the features of construction, combinations of elements, and arrangement of parts which will be exemplified in the construction hereinafter set forth, and the scope of the invention will be indicated in the claims.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図1は本発明の位相シフトマスクの欠陥検査装置の1実施例の構成を示す図である。

図2は基板彫り込み型位相シフトマスクの断面図である。

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

本発明の基本は、位相シフトマスクのガラス基板の位相シフト加工部の位相シフト欠陥を検出するために、マスク裏面から光を照射してその反射光を拡大光学系を通して位相シフト形状を拡大して取り込み、取り込まれた2つ以上の像の電気信号を比較し、信号差を生じたマスク上の座標を位相シフト欠陥部と判定するものである。本発明の検査方式は、マスクのガラス基板側の裏面に光を照射し、その反射光にて位相シフト検査をする検査方式である。

以下、図1を参照にして、本発明の位相シフトマスクの欠陥検査装置の1実施例について説明する。

本実施例の位相シフトフォトマスク（レチクル）1は、例えば半導体集積回路装置の製造工程の露光工程において、所定の集積回路パターンを半導体ウエハ上に転写するためのものである。このフォトマスク1には、実寸の例えば5倍や4倍の集積回路パターンの原画が形成されている。図1の位相シフトフォトマスク1は、図2と同様の基板彫り込み型位相シフトマスクであり、ガラス基板7上に

繰り返し模様のクロム遮光パターン 2 を設け、1 個おきのスペース部の透明基板 7 を露光波長の半波長分（位相差 180° ）エッチング除去して彫り込み 3 を形成してなるものであり、同一ガラス基板 7 上に複数の同一のチップパターンが所定間隔で配置されてなるものである。

図 1 は、1 実施例の位相シフトマスクの欠陥検査装置の構成を示す図であり、検査対象の位相シフトフォトマスク 1 を裏面側を上にして載置するためのステージ 6 を備えており、ステージ 6 上に載置された位相シフトフォトマスク 1 のガラス基板 7 のマスク裏面 8 の別々のチップパターン 2 か所に照明光を照射するための光源 10 が配置され、その光源 10 を間に挟んで配置された 2 つの対物レンズ 9 a、9 b とそれらの像面に配置された CCD 等の光電変換受光素子 15 a、15 b とからなる一対の同一特性の撮像系を備えている。

光源 10 から相互に反対方向に照射された照射光 12 は、それぞれコンデンサーレンズ 11 を通して、それぞれの撮像系の対物レンズ 9 a、9 b と光電変換受光素子 15 a、15 b の間に配置されたハーフミラー 13 で偏向されて対物レンズ 9 a、9 b を経て、位相シフトフォトマスク 1 のチップパターンの一方の正常な位相シフト形成部 3 と、別のチップパターンの余剰位相シフト形成欠陥部 4、位相シフト未加工欠陥部 5 等の位相シフト欠陥部とを照明し、それらの部分からの反射光 14 は、それぞれ対物レンズ 9 a、9 b で撮像系に取り込まれ、光電変換受光素子 15 a、15 b 上にそれらの部分の拡大像が結像される。

光電変換受光素子 15 a、15 b で得られた電気信号を、光電変換受光素子 15 a、15 b に接続された電気増幅回路 16 a、16 b にてそれぞれ増幅し、例えば位相シフト正常部 3 の電気信号 17、位相シフト欠陥部 4、5 の欠陥部電気信号 18 として出力される。これらの 2 つの信号 17、18 は比較演算回路 19 に入力して処理され、信号 17、18 の異差判定回路 20 に送られる。

位相シフト欠陥がある場合、信号 17、18 間に差分が生じ、そのレベルが一定の閾値 23 を越えると欠陥と判断される。

このとき、ステージ 6 の座標位置測定回路 21 の座標を取り込み、その欠陥座標データは検査データ収納回路 22 に保存される。

欠陥検査はステージ 6 をスキャンさせてマスク全面を検査し、検査終了後、検査データ収納回路 22 より欠陥座標データを呼び出し、マスク 1 を欠陥検出部に移動させ、その部分の左右撮像系の信号 17、18 を確認することにより、欠陥が左右の何れのチップパターンにあるか判定し、新たに判定したデータを検査データ収納回路 22 に保存する。

このように、本発明は、基板彫り込み型位相シフトマスク等の位相シフト下置きタイプのレベンソン型位相シフトマスクのマスク裏面から光を照射するマスク検査方式である。マスク裏面から光を照射すると、位相シフト加工部のエッジ形状、位相シフトの有無、位相シフトの高さの差等が確認しやすく、特に暗視野照明することにより得られる暗視野像は検出しやすい特徴がある。もちろん、図 1 のような明視野照明による明視野像でもよい。

以上、本発明を実施例に基づいて具体的に説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

例えば、裏面照射光源 10 は、短波長 i 線、KrF 等の短波長のレーザ光を用いることにより、検出感度が向上する。また、対物レンズを単眼にして、1 本の対物レンズ内に 2 本以上の照射光を入れて隣接するパターン間の比較をすることにより、マスク上にシングルチップパターンが配列されたマスクの検査も可能となる。

また、本発明の検査装置は、位相シフトマスク以外の例えばディスプレイ用の大きなガラス基板上の掘り込み加工パネルのパターン検査にも適用可能である。

半導体デバイスの微細化に伴い、デバイス製造プロセスでの微細加工が要求される工程のフォトマスクには、位相シフトマスクの適用が行われている。

位相シフトマスクは、露光波長に合わせて遮光帯を挟んで左右の光透過部の光位相を 0° と 180° に差をつけ、微細な遮光帯のウェハ転写解像度を向上させるものであり、位相シフト形成部の位相差は例えば $\pm 3^{\circ}$ 以下という厳しい要求がされている。

以上のことから、位相シフト形成部の余剰位相シフト欠陥、位相シフト欠け欠陥、位相シフトの位相差のズレ等の欠陥は、ウエハ上で解像不良となることから全て検出しなければならない。

本発明の位相シフトマスクの欠陥検査装置は、このような位相シフト欠陥の検出ができることから、この装置で検査した位相シフトマスクを用いることにより、ウエハ上での解像不良がなくなる。また、従来行っていたウエハ転写評価が不要となる。

また、製品全体から見ると、位相シフトマスクの適用される先端半導体デバイス（SRAM、DRAM、マイクロプロセッサ、Logic）の設計評価精度の向上と開発期間の短縮、また、量産時の歩留向上に効果がある。